

VERGLEICHENDE SEHSCHÄRFENPRÜFUNGEN
ZWISCHEN NORMALEN UND SCHIELAMBLYOPEN AUGEN
IN DEN BEREICHEN DES SKOTOPISCHEN, MESOPISCHEN UND
PHOTOPISCHEN SEHENS NACH 35 MINUTEN DUNKELADAPTATION

von

REINHARD KUNTZ

1967



Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41554814_0079

Aus der Augenklinik der Johannes Gutenberg-Universität Mainz
Direktor: Professor Dr. med. Arno Nover

VERGLEICHENDE SEHSCHÄRFENPRÜFUNGEN
ZWISCHEN NORMALEN UND SCHIELAMBLYOPEN AUGEN
IN DEN BEREICHEN DES SKOTOPISCHEN, MESOPISCHEN UND
PHOTOPISCHEN SEHENS NACH 35 MINUTEN DUNKELADAPTATION

Inaugural-Dissertation

zur Erlangung der Doktorwürde der Hohen Medizinischen Fakultät
der Johannes Gutenberg-Universität Mainz

vorgelegt von

REINHARD KUNTZ
aus Landau/Pfalz

MAINZ 1967

Dekan: Professor Dr. med. L. Diethelm

Referent: Professor Dr. med. Ottomar Oppel
Oberarzt der Universitätsaugenklinik Mainz

Korreferent: Professor Dr. med. Arno Nover
Direktor der Universitätsaugenklinik Mainz

Tag der mündlichen Prüfung: 2. Dezember 1967



Gesamtherstellung: Ditters Bürodienst Mainz

INHALTSVERZEICHNIS

	Seite
I. Einleitung und Fragestellung	1
II. a) Beschreibung des Adaptometers nach Goldmann- Weekers	4
b) Methodik: Beschreibung der Versuchsanordnung und des -verlaufes	5
c) Angewandte statistische Methoden	7
d) Graphische Darstellungen der einzelnen Versuchs- ergebnisse	10 ff
e) Versuchspersonen	11
III. Besprechung der Untersuchungsergebnisse	12
IV. Zusammenfassung	16
V. Literaturverzeichnis	18

I. EINLEITUNG UND FRAGESTELLUNG

Als Schielamblyopie bezeichnen wir beim Begleitschielen die einseitige Minderwertigkeit eines Auges ohne eine nachweisbare organische Schädigung. Sie hat in den letzten beiden Jahrzehnten vermehrte Beachtung gefunden. Dies geht allein schon aus den zahlreichen Veröffentlichungen der letzten Zeit hervor. Die relative Häufigkeit und die Bedeutung des Krankheitsbildes läßt es verständlich erscheinen, daß auch seiner Ätiologie ein besonderes Interesse entgegengebracht wird.

In Deutschland ist nach Erhebungen und Angaben von Jaensch und anderen die Schielkrankheit bei 3,0 bis 3,5% der Bevölkerung anzutreffen. Bei rund 60 bis 65% dieses Personenkreises besteht eine einseitige Schielschwachsichtigkeit.

Nach dem zweiten Weltkrieg wurden deshalb große Anstrengungen unternommen, um die Therapie der Amblyopie voranzutreiben. Bangerter und Cüppers versuchten neue Wege zu beschreiten. Sie legten dabei das Hauptgewicht auf die Entwicklung moderner Behandlungsgeräte und -methoden, die jedoch erst relativ spät, das heißt bei Kindern ab 5. bis 6. Lebensjahr angewandt werden können.

Mit dem Aufkommen dieser apparativen therapeutischen Methoden zeigte sich jedoch auch in vermehrtem Maße, daß weitere sinnesphysiologische Untersuchungen über Besonderheiten der Amblyopie keinesfalls überflüssig geworden sind. Man erkannte sehr bald, daß ohne zutreffende theoretische Vorstellungen nennenswerte Fortschritte in der Amblyopiebehandlung nicht erwartet werden können. Es bestehen nämlich bis heute noch keine sicheren, alle Phänomene der Amblyopie hinreichend erklärenden Vorstellungen über die Ätiologie der Schielschwachsichtigkeit.

Bei der Amblyopie liegt kein organischer Defekt des betreffenden Auges, sondern lediglich eine Störung funktionellen Charakters vor. Früher war lange Zeit ein organischer Defekt der Macula bzw. der Sehlleitungsbahnen oder bestimmter Hirnzentren verfochten worden. Gegen diese "Defekt-Theorie" sprach jedoch die schon lange bekannte Tatsache, daß beispielsweise durch frühzeitigen Verschluß des besseren Auges Heilung oder zumindest deutliche Besserung des schielamblyopen Auges zu erzielen ist. Ein eigentlicher organischer Defekt würde dagegen eine Heilung oder auch schon Besserung ausschließen.

Nach dem heutigen Wissensstand läßt sich vorerst lediglich aussagen, daß die Sehweise des Schielenden sich vom Normalsichtigen dadurch unterscheidet, daß immer nur mit einem Auge fixiert wird, während das in Schielstellung abgewichene Partnerauge nervösen funktionellen Hemmungsprozessen unterliegt. Wahrscheinlich haben diese Vorgänge in der neuronalen Verknüpfung sogenannter korrespondierender Deckstellenpaare beider Augen in der Sehhirnrinde sowie im Wettstreit beider Sehfelder ihre anatomische und physiologische Basis, die dann bei einem Strabismus unilateralis dazu führen, daß das nicht zur Fixation benützte Auge sich während der entscheidenden ersten vier bis fünf Entwicklungsjahren nicht zu einem normalen Leistungsvermögen entfaltet und zusätzlichen Hemmungseinflüssen unterworfen wird.

Bei der Schielamblyopie scheinen also Faktoren einer verhinderten Entfaltung des Sehvermögens infolge Nichtgebrauches im Kleinkindesalter sowie zusätzliche Hemmungsprozesse von Bedeutung zu sein.

Eine wesentliche Besonderheit der Schielamblyopie besteht darin, daß nicht alle Leistungsqualitäten eines solchen Auges in gleicher Weise beeinträchtigt sind. Während sich beispielsweise unter Tageslichtbedingungen immer erhebliche Differenzen zwischen dem Auflösungsvermögen (Sehschärfe) des normalen und schielamblyopen Partnerauges nachweisen lassen, konnten Wald und Burian, sowie Oppel und Kranke keine Unterschiede der integralen Lichtempfindlichkeit während des Nachtsehens zwischen schielamblyopen und zugehörigen normalen Augen finden. Von Burian und Oppel wurde auf Grund ihrer Untersuchungen die Ansicht geäußert, daß es sich bei der Schielamblyopie um eine vorwiegend funktionelle Störung der optognostischen Funktionen handle, der Nachtsehapparat dagegen nicht beeinträchtigt sei.

Oppel gliedert die Vorgänge des Sehens in drei verschiedene Funktionssysteme. Er unterscheidet:

1. einen Hell-Dunkel-Apparat
2. einen Orientierungsapparat
3. einen Gestalts- und Differenzierungsapparat.

Er vertritt die Ansicht, daß diesen drei Leistungsapparaten unterschiedliche synaptische Zusammenschaltungen in der Ganglienzellschicht zugrundeliegen und diese drei Leistungsapparate auch im Corpus geniculatum laterale und in der Sehrinde in jeweils drei Schichtenpaaren repräsentiert würden. Dabei mißt er diesen drei Leistungsapparaten auch Bedeutung für den Dunkeladaptationsvorgang bei, den er aus der Duplizität von Zapfen und Stäbchen allein für nicht erklärbar hält.

Nach der Ansicht von Oppel sollen bei der Dunkeladaptation außer der unterschiedlichen Schwellenempfindlichkeit von Zapfen und Stäbchen sowie den chemischen Vorgängen der Sehestoffkonzentration bei herabgesetzter Beleuchtung zusätzliche neuronale bzw. synaptische Umschaltungen in der äußeren und inneren plexiformen Schicht über die Bipolar- und Ganglienzellen der Netzhaut eine erhebliche Rolle spielen. Er glaubt, daß die von ihm herausgestellten drei Leistungsapparate auch bei der Dunkeladaptation von Bedeutung sind, indem das schwelennahe Sehen im photopischen Bereich vom Gestalts- und Differenzierungsapparat, im mesopischen Bereich vom Orientierungsapparat und im skotopischen Bereich vom Hell-Dunkel-Apparat geleistet wird.

Oppel hat in verschiedenen Arbeiten darauf hingewiesen, daß im Dunkeladaptationskurvenverlauf neben dem gewöhnlichen zwischen der 4. bis 8. Minute nachweisbaren Knick, dem sogenannten Kohlrausch'schen Knick, noch eine zweite Knickbildung zwischen der 14. bis 19. Minute existiere. Dieser Knick wird im Gegensatz zum ersten sog. Kohlrausch'schen oder auch α -Knick als β -Knick bezeichnet.

Der erste Knick im Dunkeladaptationskurvenverlauf war bisher der Duplizitätstheorie entsprechend als Übergang vom Zapfen- auf den Stäbchenapparat erklärt worden. Eine Erklärung für das Zustandekommen des β -Knickes mit Hilfe der Duplizitätstheorie bereitet jedoch Schwierigkeiten.

Oppel mißt den beiden genannten Knickbildungen im Dunkeladaptationskurvenverlauf eine besondere Bedeutung bei.

Er sieht sie als die Übergänge des schwelennahen Sehens der von ihm herausgestellten drei Leistungsapparate an und versucht die komplexen Vorgänge des Sehens unter verschiedenen Leuchtdichtebedingungen auf diese Weise zu analysieren.

So deutet er den Kohlrausch'schen oder auch α -Knick als Übergang vom photopischen zum mesopischen Sehen, das heißt als eine synaptische Umschaltung von den kleinen Empfindungselementen des Gestalts- und Differenzierungsapparates auf die mittelgroßen Erregungsareale des Orientierungs- und Bewegungsapparates. Den β -Knick deutet er entsprechend als Übergang des schwelenden Sehens vom mesopischen zum skotopischen Sehen, was einer synaptischen Umschaltung von den Empfindungsarealen des Orientierungs- und Bewegungsapparates auf die großflächigen Funktionsaggregate des Hell-Dunkel-Apparates gleichkomme.

Die von Oppel zur Diskussion gestellten Vorstellungen über das Zustandekommen des typischen Dunkeladaptationskurvenverlaufes lassen sich aus Abb. 2 ansehen.

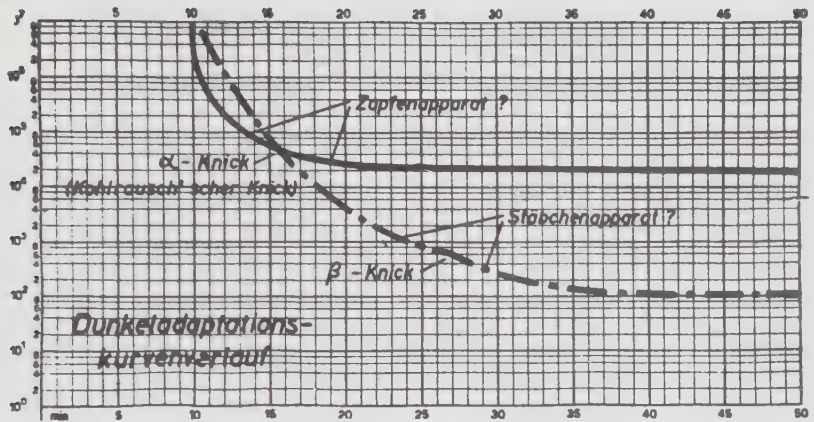
Bei sorgfältiger Prüfung des Dunkeladaptationskurvenverlaufes mit einem modernen Adaptometer lassen sich bei normalsichtigen Personen in der Regel Befunde erhalten, welche die vorangestellten Ansichten von Oppel zu bestätigen scheinen.

Da aus früheren Untersuchungen von Wald, Burian, Oppel und Kranke bereits hervorgegangen war, daß in dunkeladaptiertem Zustand kein Unterschied der integralen Lichtempfindlichkeit zwischen einem normalen und dem zugehörigen schielamblyopen Partnerauge besteht, war mir die Aufgabe gestellt worden, vergleichende Sehschärfenprüfungen zwischen normalen und schielamblyopen Augen nach 35 Minuten Dunkeladaptation durchzuführen.

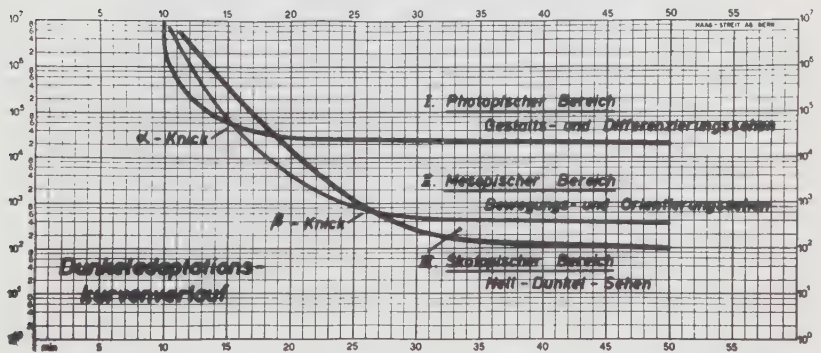
II. a) Beschreibung des Adaptometers nach Goldmann-Weekers

Zur Durchführung der Versuche wurde das Adaptometer nach Godmann-Weekers von der Firma Haag-Streit AG, Liebefeld-Bern benutzt.

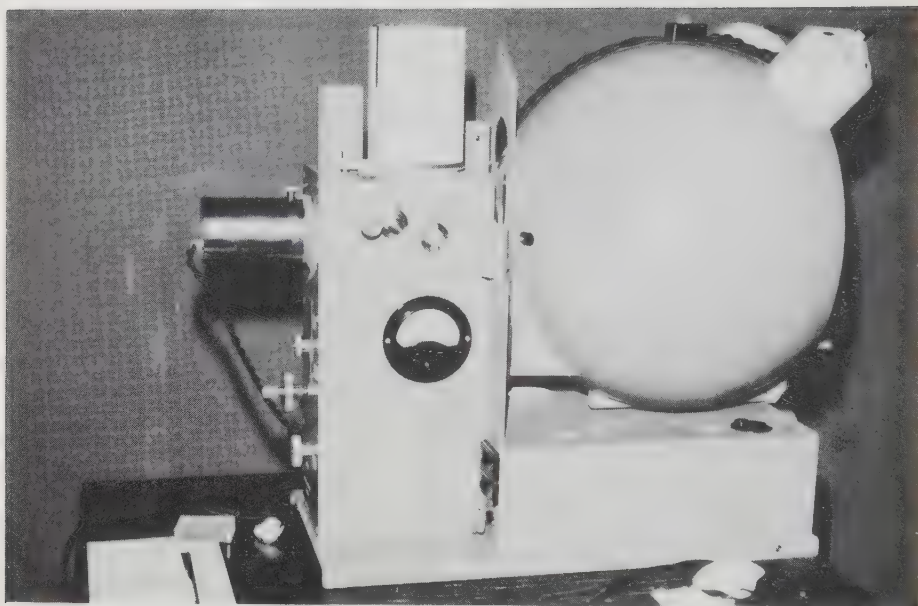
Das Gerät ist auf ein stabiles Tischchen montiert und besteht im wesentlichen aus zwei Teilen: einer Hohlkugel und einem rechteckigen, sich unmittelbar anschließenden Schalt- bzw. Registrierkasten. Auf letzterem ist oben die Registriertrommel mit dem zugehörigen Registrierarm und 'Stecher' angebracht. Im oberen Teil des Kastens ist eine auswechselbare Glühlampe eingelassen, die zur Beleuchtung des Reizfeldes dient, welches sich zwischen dem genannten Kasten und der unmittelbar angrenzenden Hohlkugel befindet und von der Versuchsperson durch eine kreisförmige Kugelaussparung von der offenen Seite der Kugel aus betrachtet werden kann. Die Versuchsperson blickt dabei durch das Kugelinere auf das Reizfeld, wobei das Kinn auf einer eigens vorhandenen Kinnstütze gelagert wird. Die Reizfeldgröße von 56 mm Durchmesser entspricht bei 30 cm Untersuchungsdistanz einem Winkel von 11 Grad. Durch das Vorhandensein der Kinnstütze wird gewährleistet, daß die Augen der Versuchsperson in einem konstanten 30 cm-Abstand vom Reizfeld entfernt sind. Die Lichtintensität des Reizfeldes kann mittels eines Widerstandes beliebig variiert werden, was durch Drehen eines Bedienungsknopfes geschieht. Dabei wird nicht nur die Leuchtdichte des Reizfeldes exakt verändert, sondern gleichzeitig die Lage des gekoppelten Stechers. Durch kurzes seitliches Ziehen am



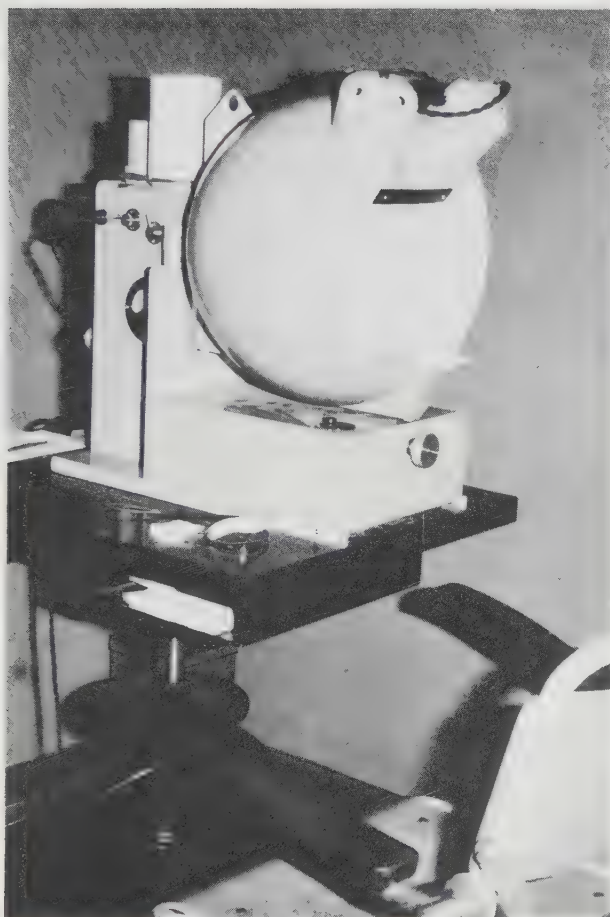
Graphische Darstellung eines normalen Dunkeladaptationskurvenverlaufes aus: Oppel, O., Klin.Mbl. Augenhk. 148, 1966, 332



Erklärungsversuch für das Auftreten des α -Knicks und β -Knicks im normalen Dunkeladaptationskurvenverlauf aus: Oppel, O., Klin.Mbl. Augenhk. 148, 1966, 337



Dunkeladaptometer in Seitenansicht



Dunkeladaptometer in schräger Seitenansicht von der Einblicköffnung des Untersuchten in die Ulbrichtkugel



Abbildung eines Registrierstreifens

Bedienungsknopf können so die Schwellenwerte in den auf die Registriertrommel aufgespannten Registrierstreifen, der mit Hilfe eines geeichten Laufwerkes zusätzlich den zeitlichen Ablauf miterfaßt, eingestochen werden. Auf diese Weise können die jeweiligen vom Adaptationszustand abhängigen Schwellenwerte des Reizfeldes in zeitlicher Reihenfolge genau auf dem Registrierstreifen festgehalten werden, ohne durch Lichteinschalten den Dunkeladaptationszustand des geprüften Auges der Versuchsperson störend zu verändern.

Der der Versuchsperson gegenüberliegende und dem Schalt- bzw. Registrierkasten anliegende Teil der Hohlkugel weist außen eine Führung auf, in welche Leseproben eingeschoben werden können, die bei der Durchführung der Versuche das Reizfeld darstellen. Die Leseproben werden dabei von der oben erwähnten Glühlampe beleuchtet, wobei die jeweils eingestellte Leuchtdichte über den genannten Bedienungsknopf auf einen Registrierstreifen übertragen werden kann.

Als Leseprobe diente eine milchglasähnliche weiße Plastikplatte, die in die oben erwähnte Führung eingeschoben werden konnte. Die auf weißem Untergrund schwarz aufgetragenen Sehzeichen in Form von Landolt'schen Ringen hatten im einzelnen die aus der folgenden Tabelle hervorgehenden Maße:

Sehzeichengröße (in mm)	Normalentfernung (bei Visus 1,0)	Visus bei 30 cm Beobach- tungsabstand	
43,5	30 m	$0,3/30 = 0,01$	(A)
21,8	15 m	$0,3/15 = 0,02$	(B)
8,7	6 m	$0,3/6 = 0,05$	(C)
6,1	4,2 m	$0,3/4,2 = 0,07$	(D)

(A), (B) ... etc. gibt die Bezeichnung der einzelnen Sehzeichen an.

II. b) Methodik: Beschreibung der Versuchsanordnung und des -verlaufes

Bei Durchführung der Versuche wurden zunächst beide Augen des Schielenden, also sowohl das normalsichtige als auch das amblyope, helladaptiert: Die Versuchsperson wurde aufgefordert, 4,5 Minuten in das Innere der Kugel zu blicken. Die Kugel war mit einer Beleuchtungssärke von 4000 lux erhellt, so daß sie bei einem Reflexionsgrad von 70% der Versuchsperson als eine helle Fläche von der Leuchtdichte 2800 asb erschien.

Im Anschluß hieran folgten nach Erlöschen aller Lichtquellen des Dunkeladaptationsraumes und Adaptometers 35 Minuten Dunkeladaptation. Jetzt erst schloß sich die Durchführung der einzelnen Sehprüfungen an. Während der Prüfung des amblyopen Auges der Versuchsperson bekam das Zweitauge einen vor etwaiger Lichteinwirkung schützenden Okklusionsverband angelegt.

Sämtliche bei der Versuchsdurchführung erforderlichen Handgriffe zur Bedienung des Gerätes und zum Umwechseln des Okklusionsverbandes waren vor Beginn der Versuchsserie soweit eingeübt worden, daß die Ausführung derselben während der Einzelversuche mühelos bei Dunkelheit erfolgen konnte.

Die eigentliche Sehprüfung begann, indem zunächst die absolute integrale Schwelle bestimmt wurde. Nun wurde das größte Sehzeichen (Sehzeichen A, siehe Tabelle S. 5), das zur Verfügung stand, eingestellt. Daran schloß sich die Beleuchtung des Reizfeldes, d. h. des Sehzeichens an, indem die Leuchtdichte, praktisch vom Wert Null (maximale Dunkelheit) ausgehend, allmählich erhöht wurde, bis das Sehzeichen vom Probanden erkannt wurde. Die Größe der Beleuchtungsstärke, die zum erstmaligen Sehen, d. h. zum Erkennen des Sehzeichens erforderlich war, wurde mit Hilfe des Bedienungsknopfes auf den Registrierstreifen eingestochen.

Anschließend wurde in analoger Weise die Sehprüfung des zweiten (Sehzeichen B), des dritten (Sehzeichen C) und schließlich des vierten und kleinsten Sehzeichens (Sehzeichen D) durchgeführt, wobei auch hier wiederum jeweils der minimalste Leuchtdichteaufwand zum Erkennen des jeweiligen Sehzeichens durch Einstechen auf dem Registrierstreifen festgehalten wurde.

Nach der Prüfung des amblyopen Auges der Versuchsperson erfolgte bei Dunkelheit der Wechsel des Okklusionsverbandes auf das soeben geprüfte Auge und die geschilderten Sehprüfungen wurden jetzt in gleicher Weise am Partnerauge der Versuchsperson durchgeführt. Dies ergab auf einem Registrierstreifen für eine Versuchsperson jeweils 2 mal 5 Einstichpunkte, welche der Reihenfolge nach den erforderlichen Leuchtdichteaufwänden der absoluten integralen Schwelle sowie zum Erkennen der Sehzeichen A, B, C und D entsprachen. Die Einzelergebnisse wurden nach dem Versuch zur Auswertung und aus Gründen der Übersichtlichkeit auf Millimeterpapier übertragen, wobei in graphischer Darstellung die Sehschärfenwerte der einzelnen Sehzeichen (siehe Tabelle S. 5) mit den dazugehörigen gefundenen Leuchtdichtewerten zueinander in Korrelation gebracht wurden. Die Abszisse gibt die Visuswerte von 0,01, 0,02 ... bis 0,07 an, während auf der Ordinaten die Beleuchtungsstärke des Reizfeldes in Lux von 10^0 , 10^1 , 10^2 ... bis 10^7 dargestellt ist. Auf die Einteilung der Beleuchtungsstärke (Lux) in negative Logarithmen (10^{-7} , 10^{-6} ... etc. bis 10^0) wurde aus statistischen bzw. rechnerischen Gründen verzichtet.

II. c) Angewandte statistische Methoden

Statistische Testverfahren dienen allgemein der Beantwortung der Frage, in welchem Grad auf Grund eines bestimmten Untersuchungsmaterials eine Behauptung (Hypothese) aufrechtzuerhalten ist oder verworfen werden muß. Voraussetzung hierfür ist, daß die zu untersuchende Frage auf eine einheitliche Form gebracht werden kann. Es werden die sogenannte Nullhypothese und die Alternativhypothese formuliert. Die Alternativhypothese besagt, daß zwischen zwei Versuchsserien ein Unterschied besteht; die Nullhypothese besagt im Gegensatz hierzu, daß kein Unterschied besteht.

Die vergleichenden Sehprüfungen zwischen normalem und amblyopem Auge einer jeweiligen Person unter völlig einheitlichen Versuchsbedingungen, wie sie in der vorliegenden Arbeit durchgeführt wurden, sind statistisch insofern gut zu bearbeiten, weil interindividuelle Faktoren wie Aufmerksamkeitszuwendung, Reaktionsvermögen etc. durch die Versuchsanordnung ausgeschaltet sind.

Zur Überprüfung der Unterschiede zwischen den beiden Augen derselben Versuchsperson ist der t-Test im paarweisen Vergleich das Verfahren der Wahl (Koller).

Dazu werden die Differenzen d_i zwischen den beiden Augen gebildet und ihr Mittelwert mit der Standardabweichung der Verteilung bestimmt.

1) Mittelwert

$$\bar{d} = \frac{d_1 + d_2 + \dots + d_n}{n} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n d_i$$

2) Standardabweichung

$$S_d = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (d_i - \bar{d})^2}{n - 1}}$$

3)

$$S_d = \sqrt{\frac{S_{dd}}{n-1}} \quad \text{wobei} \quad S_{dd} = \sum_{i=1}^n d_i^2 - \frac{1}{n} \cdot \left(\sum_{i=1}^n d_i \right)^2$$

4) schließlich Standardfehler des Mittelwertes

$$S_{\bar{d}} = \frac{S_d}{\sqrt{n}}$$

Die Meßzahl $t = \frac{\bar{d}}{S_{\bar{d}}}$ hat eine bekannte Verteilung. In einer entsprechenden Tabelle unter Berücksichtigung der Freiheitsgrade ($FG = n - 2$) kann die zugehörige Irrtumswahrscheinlichkeit nachgeschlagen werden. Ist die Irrtumswahrscheinlichkeit kleiner als 1%, wird die Nullhypothese verworfen und die Alternativhypothese akzeptiert. Man spricht dann von einem statistisch signifikanten Ergebnis. Ist die Irrtumswahrscheinlichkeit kleiner als 5%, so wird von einem statistisch auffälligen Ergebnis gesprochen.

Eine andere statistische Testmethode dient zur Prüfung des Zusammenhanges zwischen zwei beobachteten Variablen, wobei zwischen den zwei genannten Variablen der sogenannte Korrelationskoeffizient verwendet wird (Koller, S.).

$$r = \frac{\sum (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sqrt{\sum (x_i - \bar{x})^2} \cdot \sqrt{\sum (y_i - \bar{y})^2}}$$

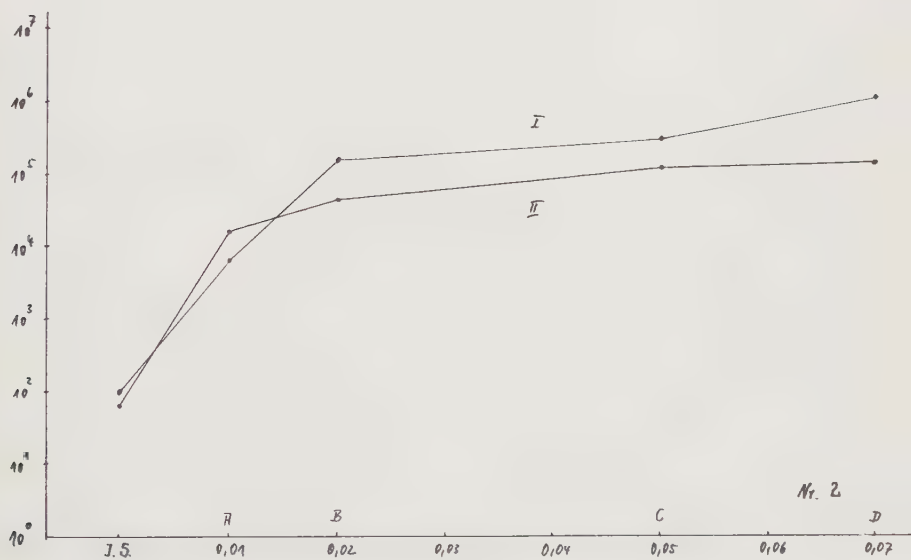
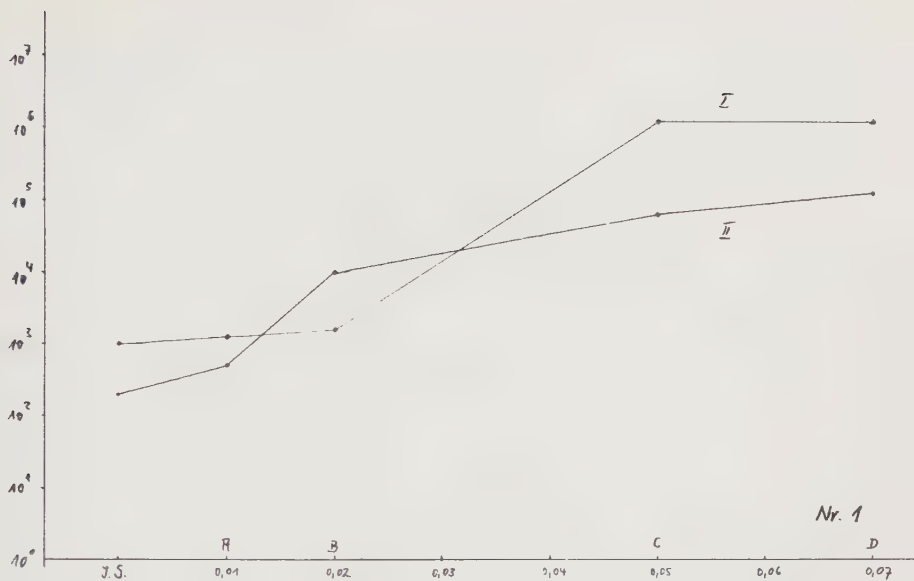
$$r = \frac{\sum x_i y_i - \frac{\sum x_i \cdot \sum y_i}{n}}{\sqrt{\sum x_i^2 - \frac{(\sum x_i)^2}{n}} \cdot \sqrt{\sum y_i^2 - \frac{(\sum y_i)^2}{n}}}$$

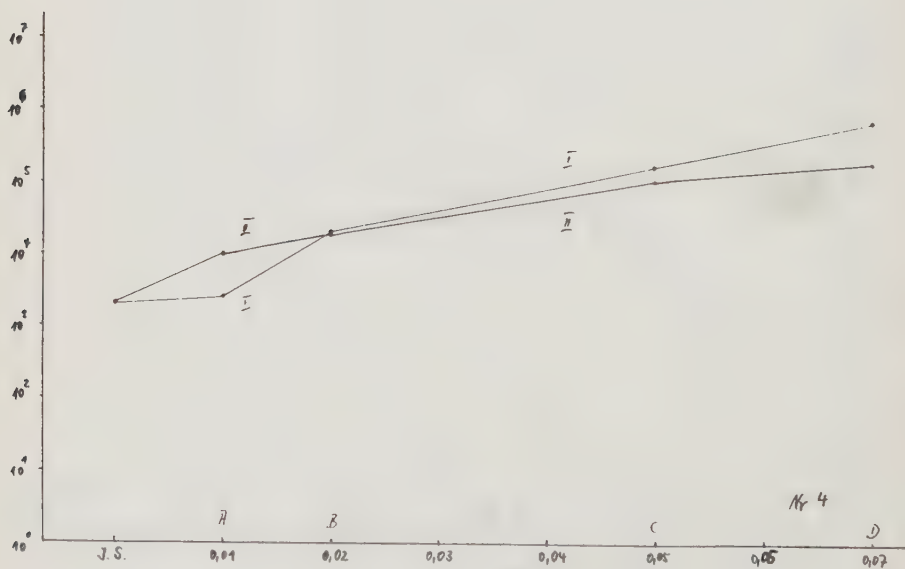
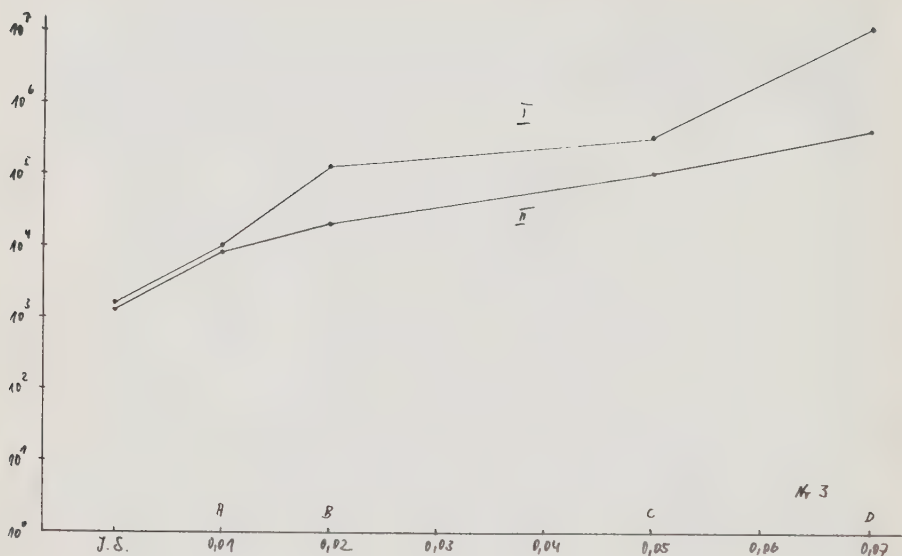
Die Summierung geht immer über i. Für die tatsächliche Berechnung in der vorliegenden Arbeit wurde der zweite Teil der Formel verwendet. Die Verteilung der Korrelationskoeffizienten ist bekannt. Auch in diesem Fall kann in einer entsprechenden Tabelle unter Berücksichtigung der Freiheitsgrade $FG = n - 2$ nachgesehen werden, ob ein signifikanter Korrelationskoeffizient vorliegt.

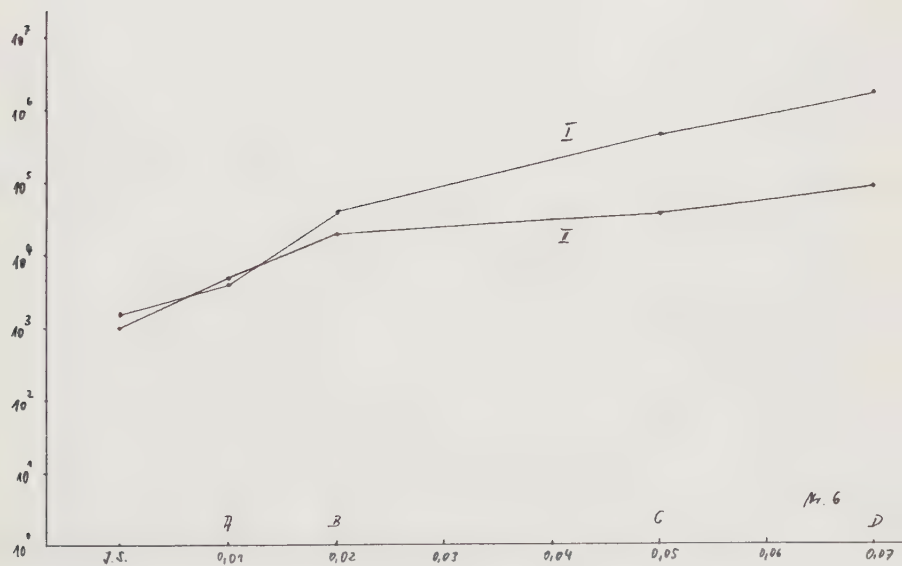
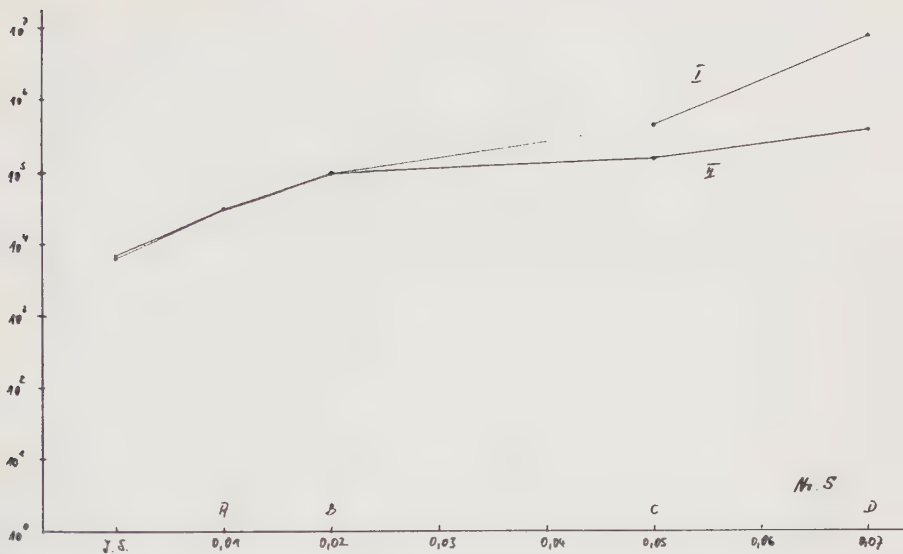
II. d) Graphische Darstellungen der einzelnen Versuchsergebnisse

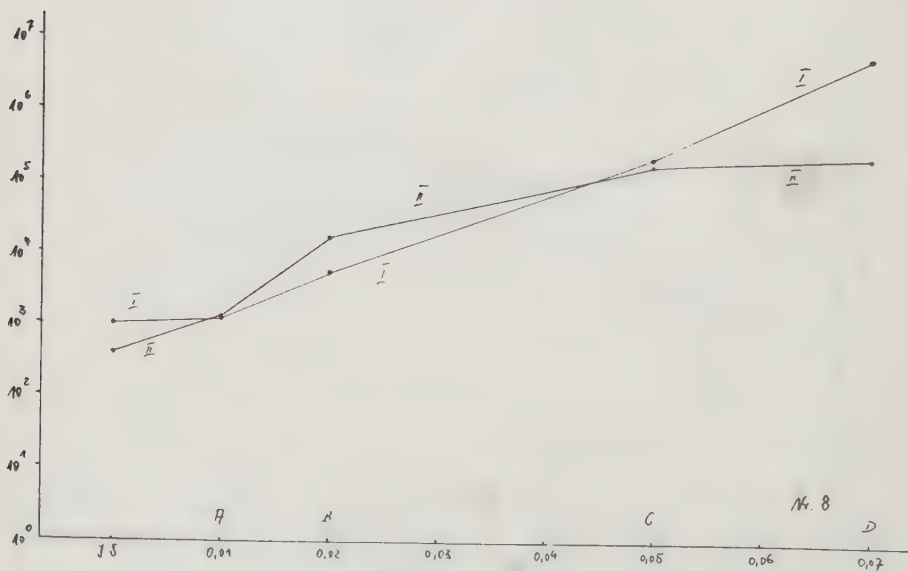
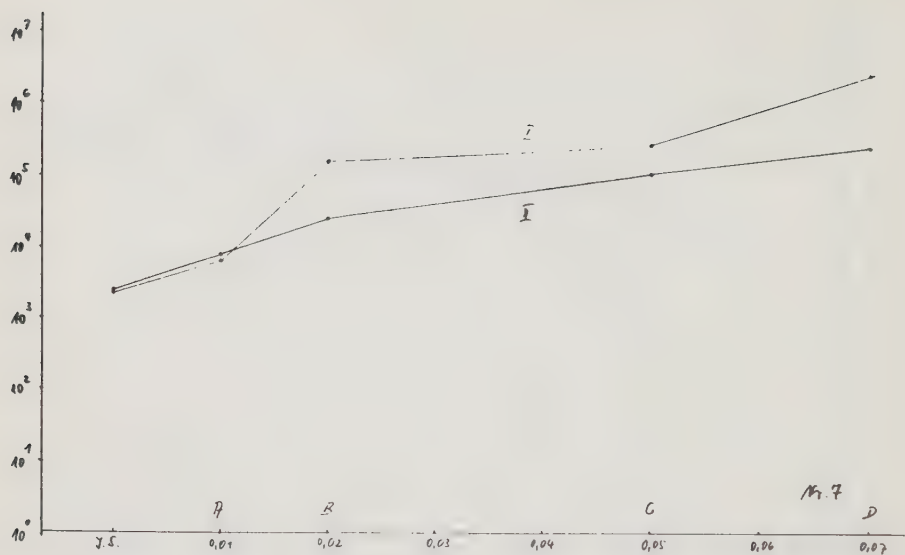
Die folgenden 28 graphischen Darstellungen geben die Sehprüfungsergebnisse der einzelnen Versuchspersonen an.

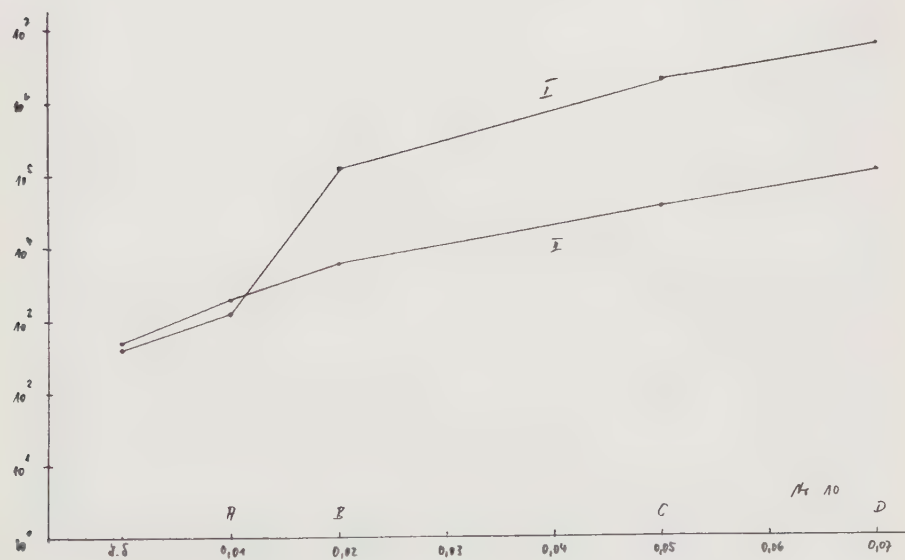
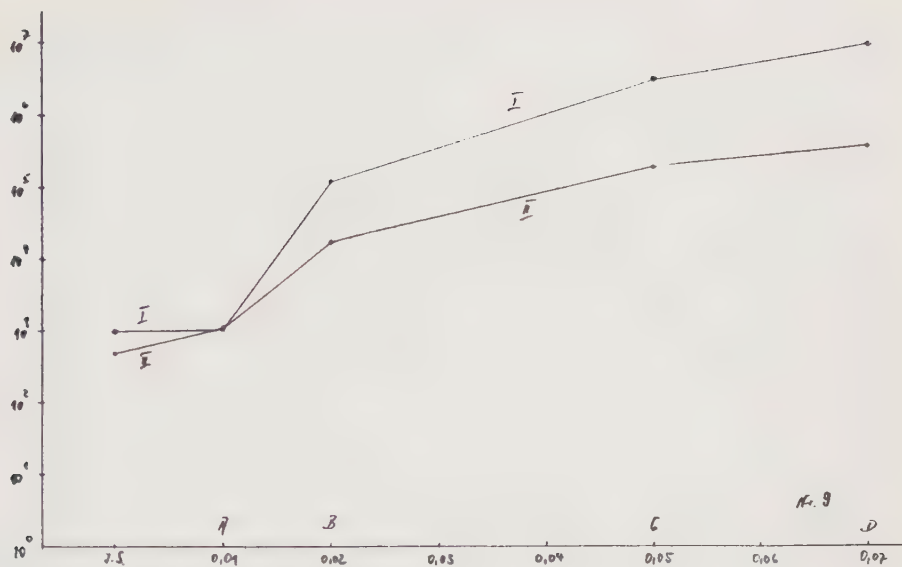
I. S.	=	absolute integrale Schwelle
0,01	=	Visus 0,01 oder Sehzeichen A
0,02	=	Visus 0,02 oder Sehzeichen B
0,05	=	Visus 0,05 oder Sehzeichen C
0,07	=	Visus 0,07 oder Sehzeichen D
I	=	Prüfungsergebnisse des amblyopen Auges
II	=	Prüfungsergebnisse des normalen Auges

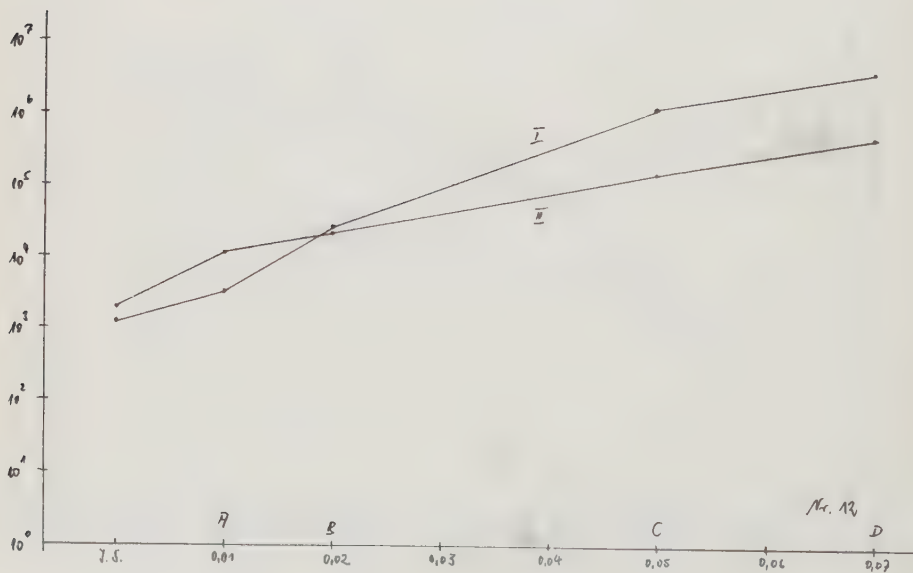
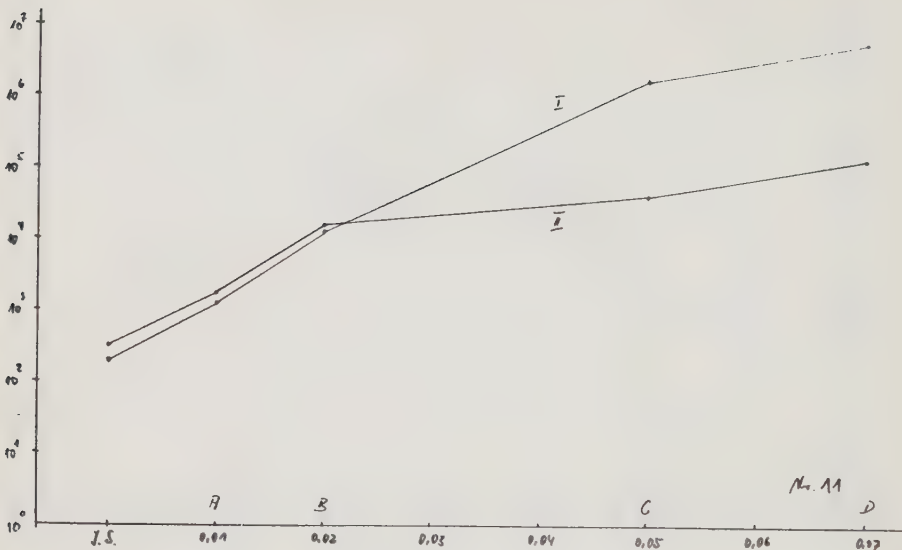


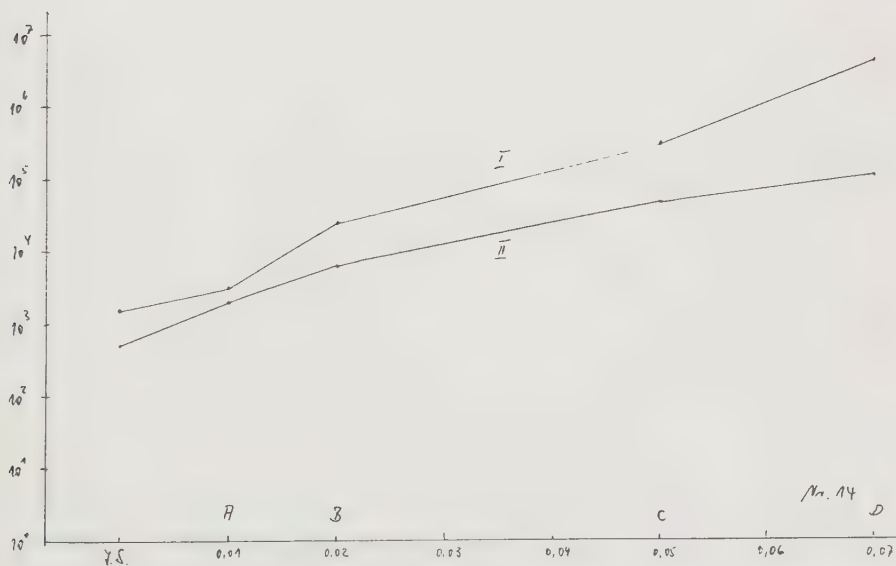
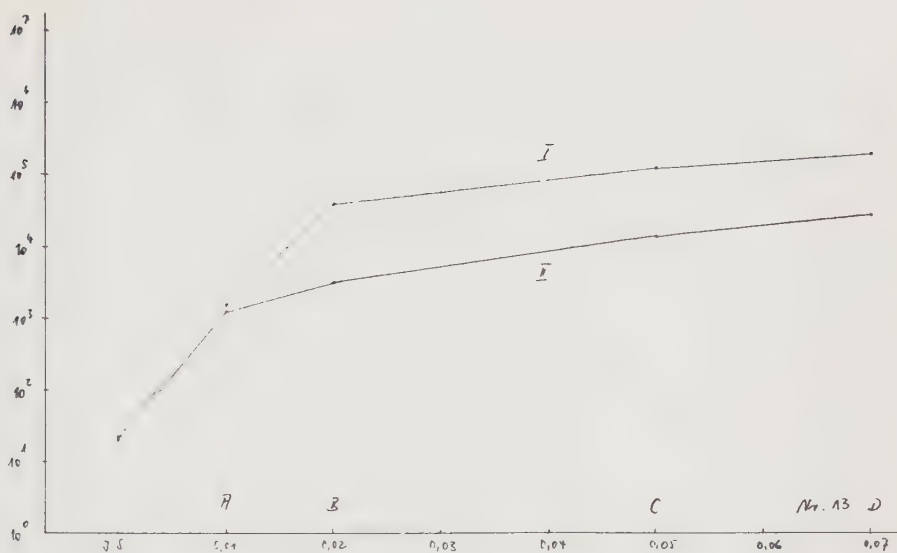


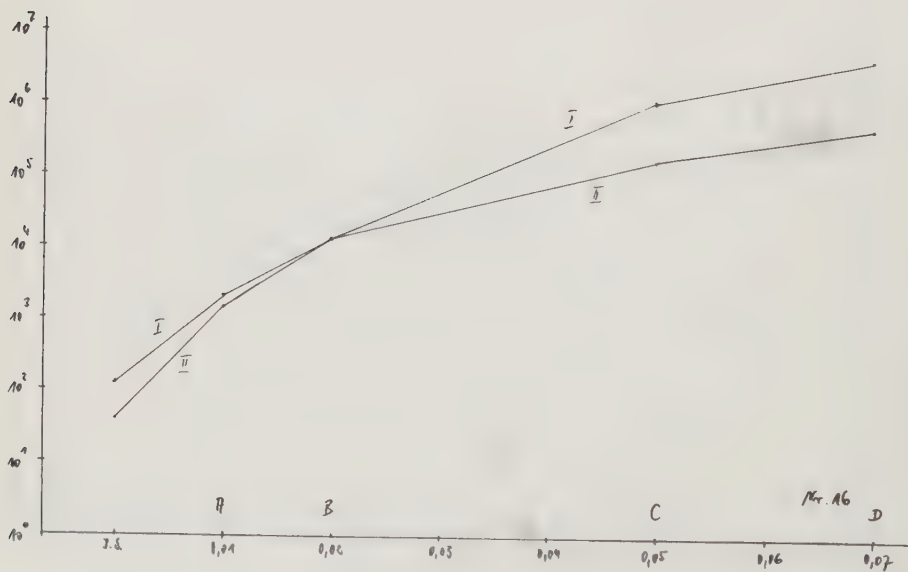
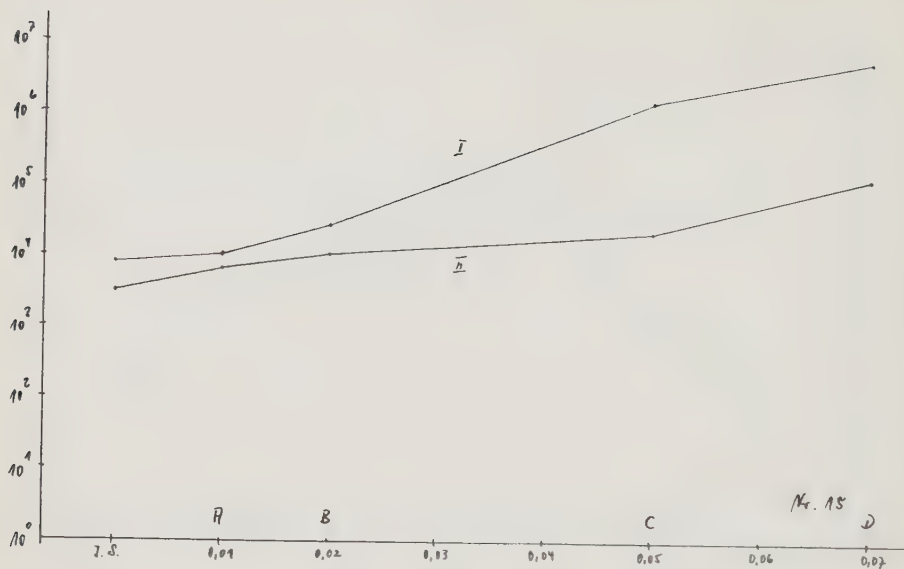


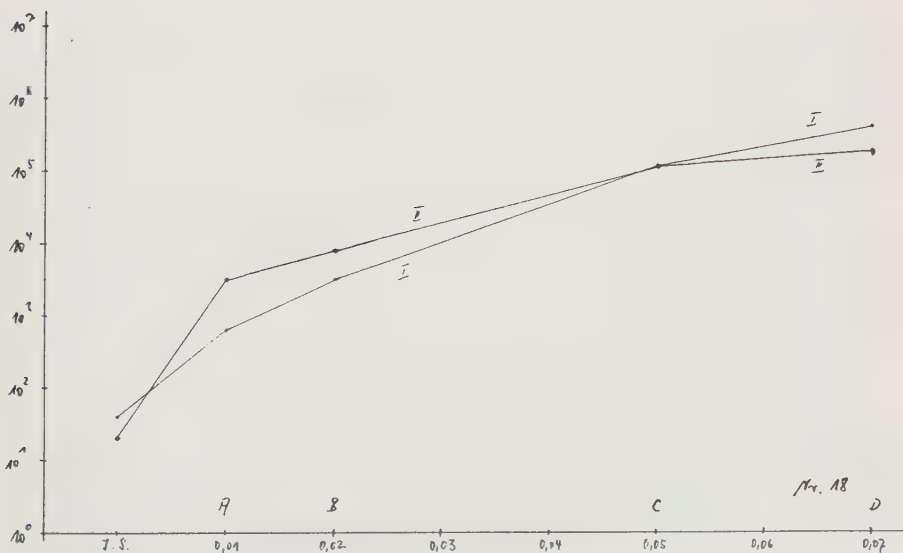
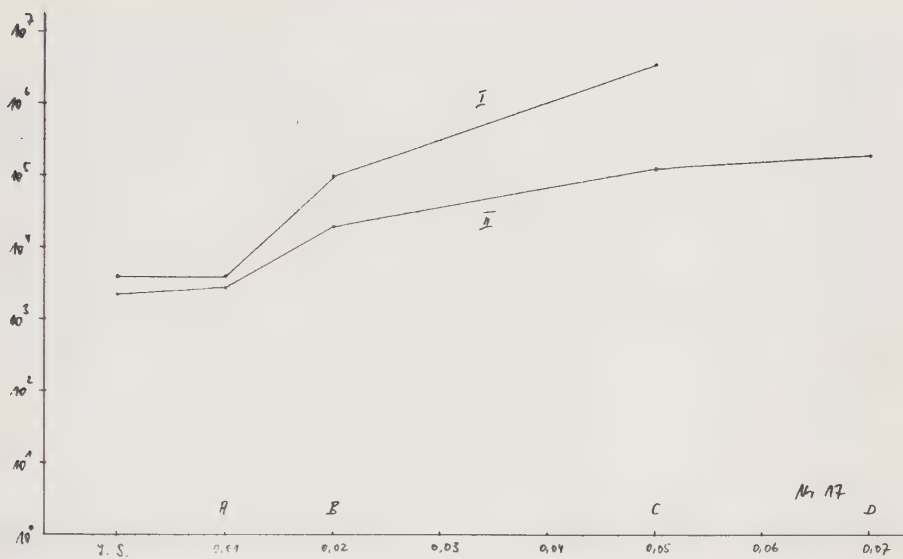


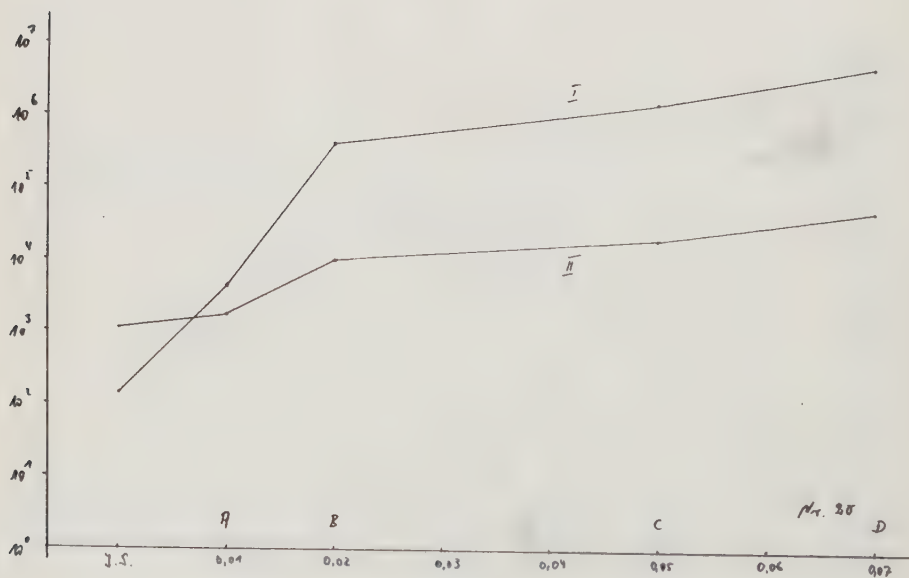
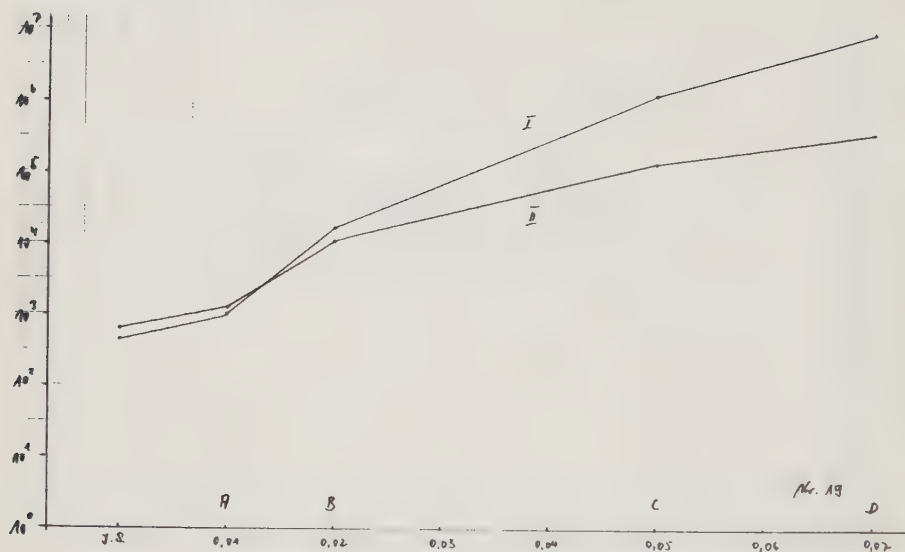


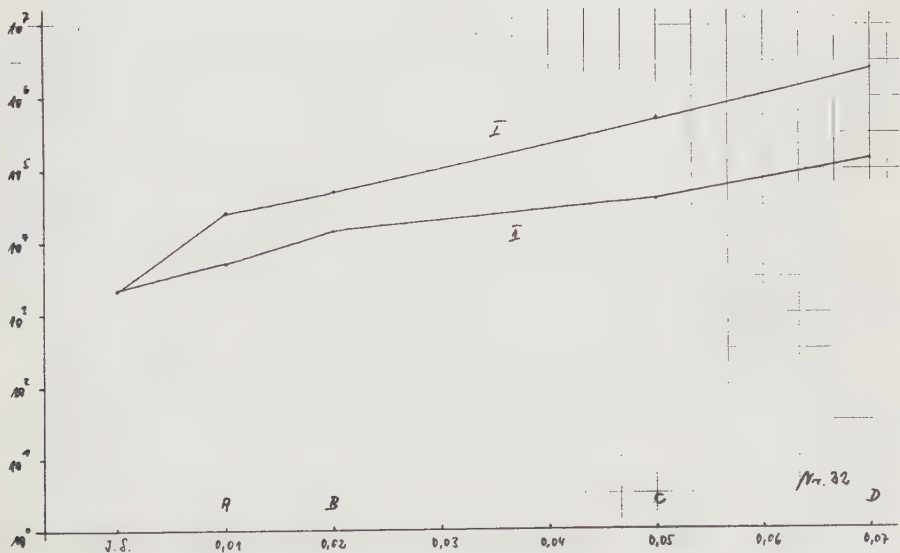
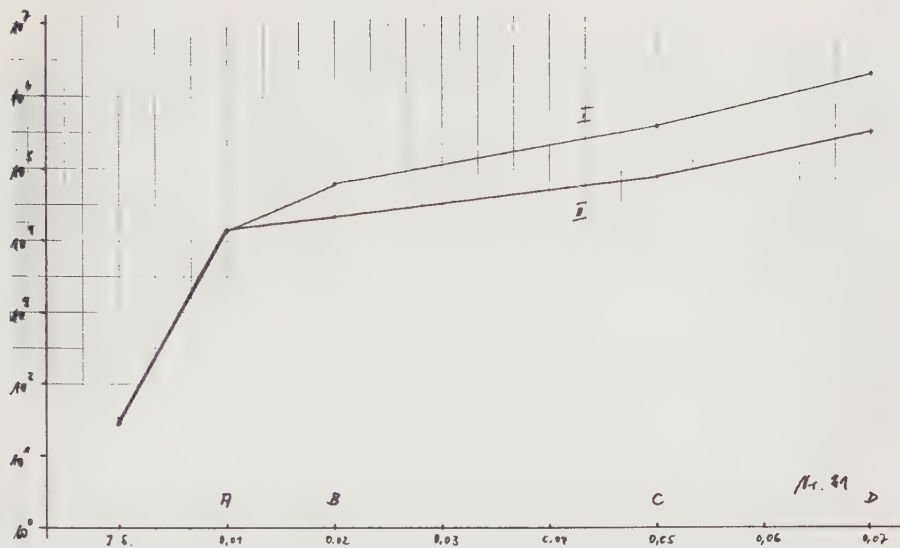


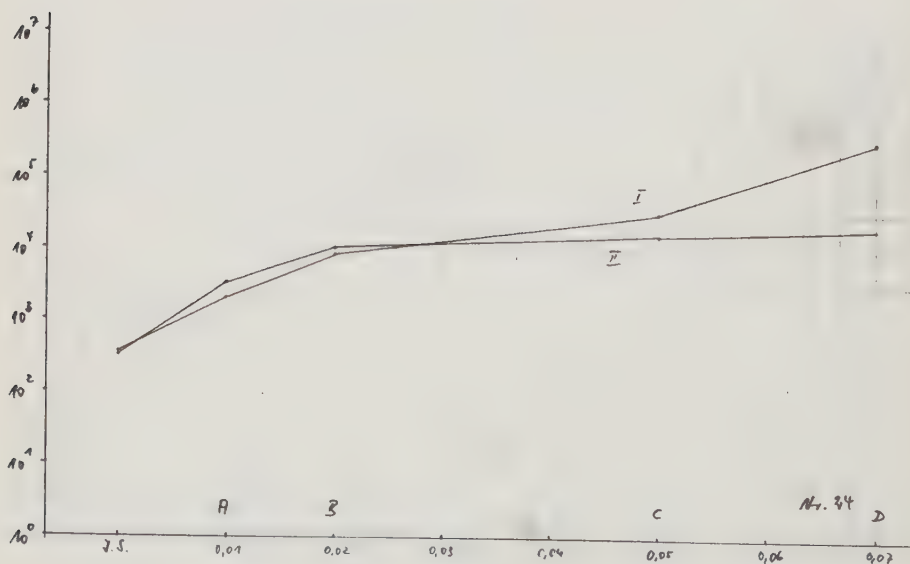
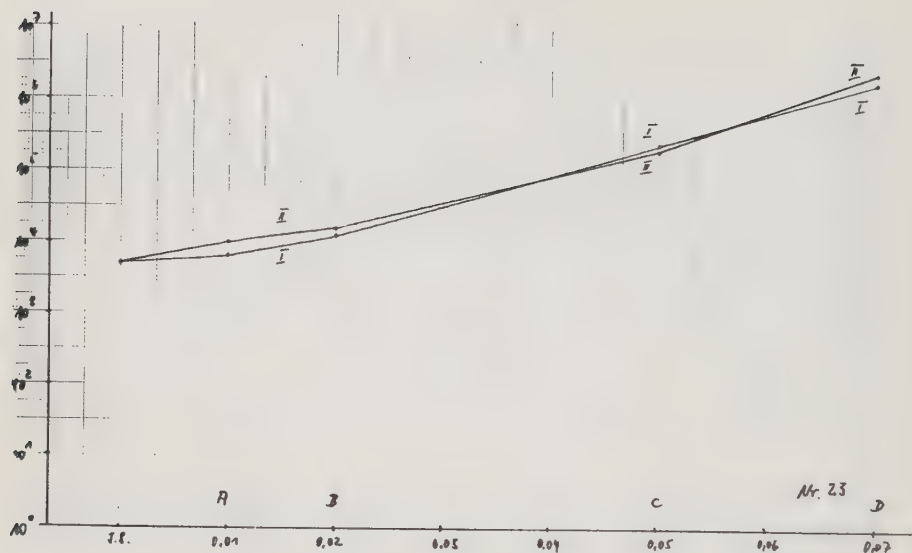


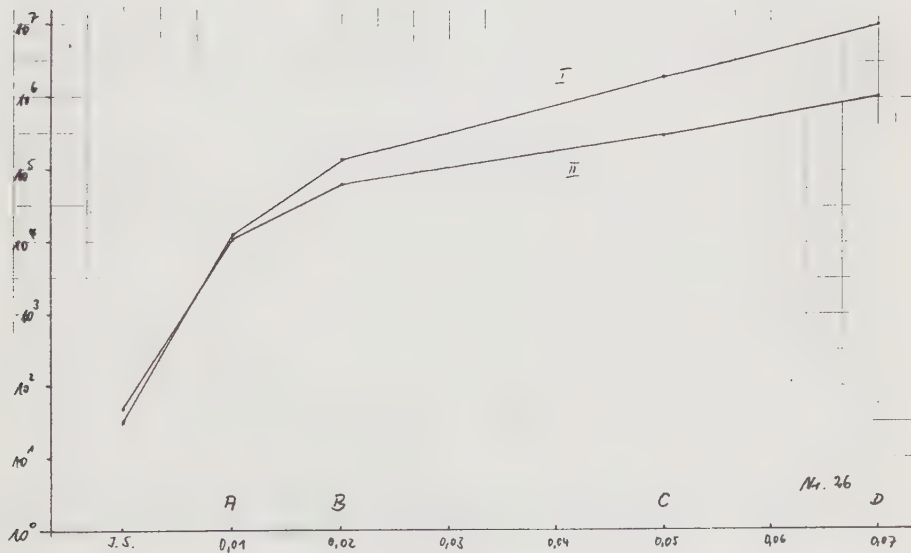
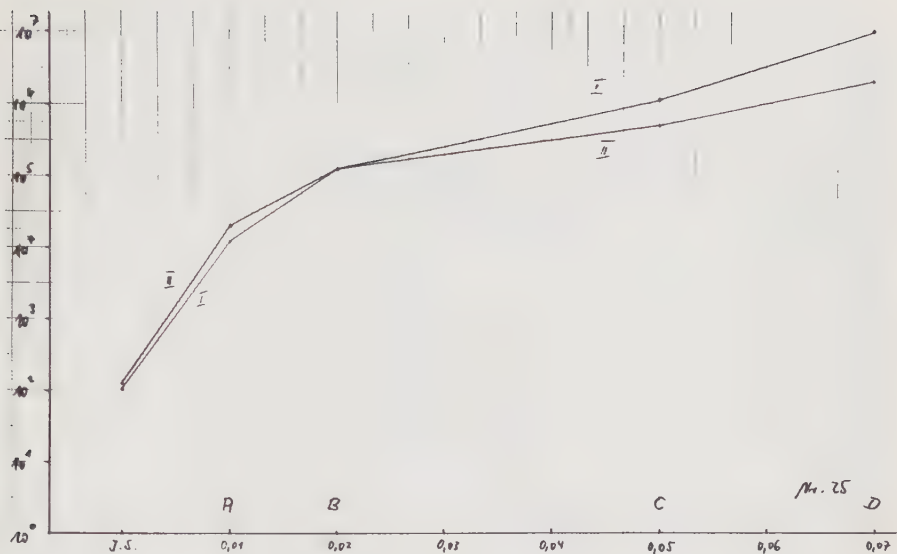


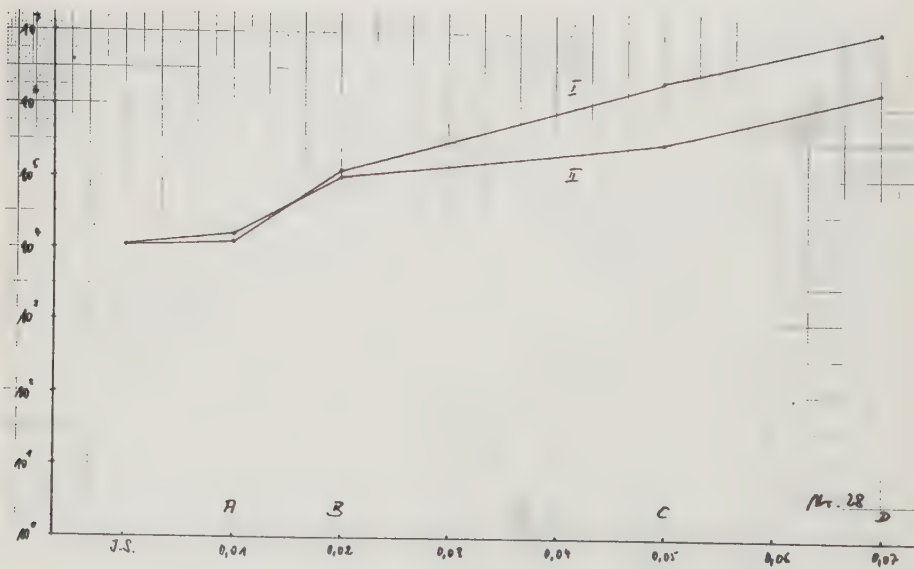
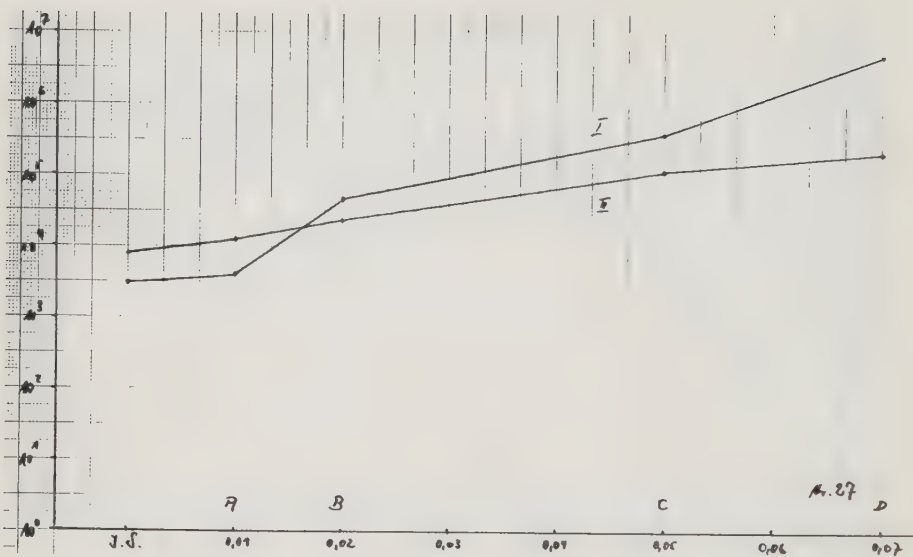












II. e) Versuchspersonen

1. R., D., geb.: 24.3.43; Student; Strab.conv.conc., Ambl.li.,
Visus re: 5/5; Visus li: 5/20
2. D., G., geb.: 27.3.52; Schüler; Strab.conv.conc., Ambl.re.,
Visus li: 5/4; Visus re: 5/20
3. K., H. L., geb.: 10.5.52; Schüler; Strab.conv.conc., Ambl.re.,
Visus li: 5/4; Visus re: 5/50
4. J., A., geb.: 16.9.53; Schülerin; Strab.conv.conc., Ambl.re.,
Visus li: 5/5; Visus re: 5/20
5. E., E., geb.: 3.3.55; Schülerin; Strab.conv.conc., Ambl.li.,
Visus re: 5/5; Visus li: 5/50
6. P., K. S., geb.: 18.3.54; Schüler; Strab.conv.conc., Ambl.re.,
Visus li: 5/5; Visus re: 5/35
7. J., R., geb.: 19.9.53; Schüler; Strab.conv.conc., Ambl.re.,
Visus li: 5/5; Visus re: 5/35
8. Sch., W., geb.: 15.12.56; Schüler; Strab.conv.conc., Ambl.li.,
Visus re: 5/5; Visus li: 5/50
9. W., W., geb.: 27.3.55; Schüler; Strab.conv.conc., Ambl.re.,
Visus li: 5/5; Visus re: 5/35
10. W., H., geb.: 6.1.54; Schüler; Strab.conv.conc., Ambl. re.,
Visus li: 5/5; Visus re: 5/35
11. N., A., geb.: 31.10.54; Schülerin; Strab.conv.conc., Ambl.re.,
Visus li: 5/5; Visus re: 5/50
12. A., P., geb.: 29.9.54; Schüler; Strab.conv.conc., Ambl.re.,
Visus li: 5/5; Visus re: 5/35
13. B., M., geb.: 25.8.49; Schüler; Strab.conv.conc., Ambl.re.,
Visus li: 5/5; Visus re: 5/20
14. S., M., geb.: 29.3.52; Schülerin; Strab.conv.conc., Ambl.re.,
Visus li: 5/5; Visus re: 5/50
15. K., G. Ch., geb.: 20.6.55; Schüler; Strab.conv.conc., Ambl.li.,
Visus re: 5/5; Visus li: 5/35
16. H., F. B., geb.: 4.10.56; Schüler; Strab.conv.conc., Ambl.li.,
Visus re: 5/5; Visus li: 5/25
17. V., W., geb.: 18.7.56; Schüler; Strab.conv.conc., Ambl.li.,
Visus re: 5/5; Visus li: 5/50
18. L., R., geb.: 1.1.50; Schüler; Strab.conv.conc., Ambl.li.,
Visus re: 5/5; Visus li: 5/20
19. L., U., geb.: 21.9.53; Schülerin; Strab.conv.conc.; Ambl.re.,
Visus li: 5/5; Visus re: 5/25

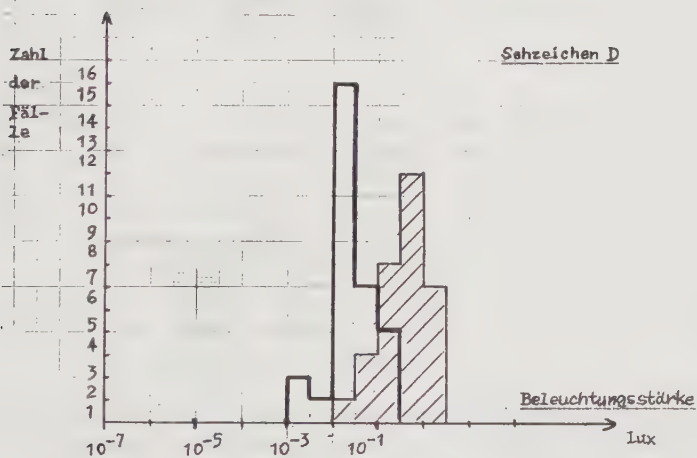
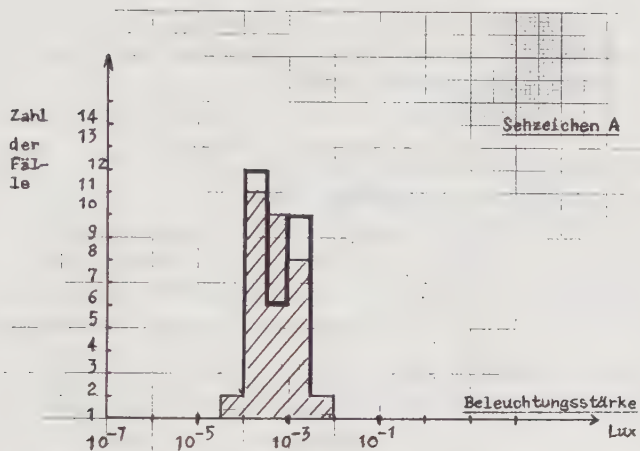
20. D., R., geb.: 9.11.54; Schüler; Strab.conv.conc., Ambl.li.,
Visus re: 5/5; Visus li: 5/35
21. M., V., geb.: 6.4.53; Schüler; Strab.conv.conc., Ambl.li.,
Visus re: 5/5; Visus li: 5/35
22. F., H., geb.: 9.6.55; Schüler; Strab.conv.conc., Ambl.re.,
Visus li: 5/5; Visus re: 5/20
23. L., B., geb.: 4.8.54; Schüler; Strab.conv.conc., Ambl.re.,
Visus li: 5/5; Visus re: 5/35
24. M., K. D., geb.: 24.2.55; Schüler; Strab.conv.conc., Ambl.re.,
Visus li: 5/5; Visus re: 5/20
25. Sch., A., geb.: 26.2.54; Schülerin; Strab.conv.conc., Ambl.li.,
Visus re: 5/5; Visus li: 5/35
26. Sch., A., geb.: 3.1.50; Schülerin; Strab.conv.conc., Ambl.li.,
Visus re: 5/5; Visus li: 5/35
27. Sch., B., geb.: 16.6.56; Schülerin; Strab.conv.conc., Ambl.li.,
Visus re: 5/5; Visus li: 5/25
28. G., H., geb.: 30.4.54; Schüler; Strab.conv.conc., Ambl.li.,
Visus re: 5/5; Visus li: 5/50

III. BESPRECHUNG DER UNTERSUCHUNGSERGEBNISSE

Bei der Erkennung eines Sehzeichens im Dunkeln bzw. in der Dämmerung sind neben der Größe des betreffenden Sehzeichens besonders auch der Kontrast von großer Bedeutung (Aulhorn). Durch zunehmende Umfeldbeleuchtung wird nicht nur eine höhere Leuchtdichte erreicht, sondern gleichzeitig ein höherer Kontrastgrad, da es sich bei den hier verwendeten Sehproben um schwarze Optotypen, das heißt auf weißen Untergrund aufgetragene Landolt'sche Ringe handelte. Die Zunahme der Umfeldbeleuchtung bzw. Umfeldleuchtdichte geht dabei also mit einer Zunahme des Kontrastes parallel.

Bei Betrachtung der Versuchsergebnisse war bemerkenswert, daß unter den oben angegebenen Versuchsbedingungen das kleinste Sehzeichen D unter einem beachtlich geringeren Leuchtdichteaufwand bzw. Grenzkontrast vom normalen Auge gesehen wurde als vom schielamblyopen Auge. Bei dem zweitkleinsten Sehzeichen C war wohl noch eine Differenz zugunsten des vollsichtigen Auges zu beobachten, doch zeigte sich der Unterschied insgesamt etwas geringer als bei der Prüfung des Sehzeichens D. Dagegen fiel beim Betrachten der einzelnen graphischen Darstellungen auf, daß das größte Sehzeichen der

HÄUFIGKEITSVERTEILUNG



- ☐ = amblyope Augen
☒ = normale Augen

Versuchsanordnung, das Sehzeichen A, von beiden Augen der einseitig amblyopen Versuchsperson unter ähnlichen Bedingungen (d. h. Umfeldbeleuchtung und Grenzkontrast) erkannt wurde. Eine nennenswerte Differenz zugunsten des Normalauges in dem Maße, wie bei den beiden kleinsten Sehzeichen D und C, war nicht mehr festzustellen. In einigen Fällen schien sogar das amblyope Auge leistungsfähiger zu sein als das vollsichtige.

Die hiergenannten ersten Vermutungen wurden zunächst mittels der Häufigkeitsverteilung geprüft, welche eindeutig erkennen ließ, daß das größte Sehzeichen der Versuchsanordnung (Sehzeichen A) sowohl für die amblyopen als auch für die normalen Augen die gleichen Leuchtdichte=Häufigkeitsgipfel aufwies (siehe Häufigkeitsverteilung nach S. 12: Gipfel für normale Augen und amblyope Augen jeweils zwischen Leuchtdichten von 10^{-4} bis $10^{-2,5}$ Lux).

Andererseits zeigte sich eine deutliche Verschiebung der Häufigkeitsgipfel zugunsten des Normalauges bei den Sehprüfungen des kleinsten Sehzeichens, Sehzeichen D.

Als statistisch exakte Testmethode ergab der t-Test im paarweisen Vergleich folgendes:

Sehzeichen	A	B	C	D
$\bar{d}$	0,068	- 0,321	- 0,830	- 1,148
$S_{\bar{d}}$	0,053	0,102	0,101	0,086
t	1,286	- 3,148	- 8,174	-13,343
Grenzwert	$t_{0,01} = 2,771$			

Der t-Wert für das Sehzeichen A errechnete sich auf 1,286. Folglich ist im Bereich des skotopischen Sehens nach 35 Minuten Dunkeladaptation zum Erkennen des Sehzeichens A zwischen schielamblyopen und normalen Augen kein signifikanter Unterschied nachweisbar. (Der Grenzwert beträgt bei 26 Freiheitsgraden mit 1% Irrtumswahrscheinlichkeit $t_{0,01} = 2,771$; der für das Sehzeichen A errechnete t-Wert ist kleiner).

Die t-Werte der kleineren Sehzeichen B, C und D sind größer als der Grenzwert $t_{0,01}$. Demnach besteht in diesen Fällen ein signifikanter Unterschied.

Beim Vergleichen der t -Werte fällt ferner auf, daß dieselben umso größer sind, je kleiner das zur Prüfung benutzte Sehzeichen war. Im Prinzip ist es allerdings so, daß sowohl für das amblyope als auch für das normale Auge ein umso größerer Leuchtdichteunterschied erforderlich wird, je kleiner die zur Prüfung verwendeten Sehzeichen sind. Besonders auffällig zeigt sich jedoch, daß dabei das amblyope Auge zur Erlangung einer gleichen Sehschärfe wie auf dem normalen Auge eine größere Umfeldleuchtdichte, oder anders ausgedrückt, einen höheren Kontrast benötigt als das Normalauge.

Diese Beobachtungen können als eine weitere Stütze der Vorstellungen von Oppel angesehen werden, der, wie oben schon ausführlich erörtert, die komplexen Vorgänge unseres Sehens in drei Leistungs- bzw. Funktionsapparate gliedert und aufgrund seiner vergleichenden integralen Dunkeladaptationsprüfungen bereits die Ansicht vertreten hatte, daß der Dunkelapparat keine qualitativen Funktionsunterschiede zwischen amblyopen und normalen Augen aufweist.

Das Erkennen des größten Sehzeichens der Versuchsanordnung (Sehzeichen A) kann als eine Leistung des einfachen Hell-Dunkel-Apparates aufgefaßt werden, zumal die erforderlichen Leuchtdichtintensitäten im skotopischen Helligkeitsbereich liegen.

Zum Sehen der Zeichen B, C und D reichte der primitive Hell-Dunkel-Apparat offenbar nicht mehr aus. Zur Erkennung dieser Sehzeichen sind bereits Umfeldleuchtdichten erforderlich, die dem mesopischen oder gar photopischen Sehbereich angehören, wo ja bekanntlich erhebliche Leistungsunterschiede zwischen amblyopen und Normalaugen angetroffen werden.

Aus technischen Gründen stand in der Apparatur der Versuchsanordnung als größtes Sehzeichen nur das Sehzeichen A (siehe Tabelle S. 5) zur Verfügung (Sehzeichengröße: 43,5 mm; Visus bei 30 cm Beobachtungsabstand: 0,01). Wie aus den einzelnen graphischen Darstellungen der Versuchsergebnisse ersichtlich ist, war deshalb eine Prüfung bzw. Beurteilung nur in einem Bereich von Visus 0,01 bis Visus 0,07 durchführbar.

Das Auflösungsvermögen schielamblyoper gegenüber normalsichtigen Augen nach 35 Minuten Dunkeladaptation konnte mit größeren Sehzeichen als 43,5 mm somit nicht miterfaßt werden.

Nachdem in der vorliegenden Arbeit vollständigkeithalber ebenfalls die sogenannte absolute integrale Schwelle bei allen geprüften Augen unter den mitgeteilten Versuchsbedingungen mitbestimmt worden war, wurden auch die Prü-

fungsergebnisse der absoluten integralen Schwelle, d.h. die Auftauchschwellen für die geringste Beleuchtungsdichte bei absolut dunklem Umfeld, statistisch ausgewertet. Aus statistischer Sicht ließen sich damit auch die Aussagen über Sehprüfungen unterhalb eines Visus 0,01 erwarten.

Der t-Test zwischen normalen und schielamblyopen Augen ergab dabei einen signifikanten Unterschied zugunsten der Normalaugen.

Die Berechnung des Korrelationskoeffizienten r deckte einen signifikanten Zusammenhang zwischen der absoluten integralen Schwelle der normalen Augen und der absoluten integralen Schwelle der schielamblyopen Augen auf, nachdem der berechnete Korrelationskoeffizient 0,922 ergab und somit größer ist als der in einer Tabelle nachgeschlagene signifikante Korrelationskoeffizient unter Berücksichtigung der Freiheitsgrade $FG = n - 2$, welcher $r=0,478$ beträgt. Andererseits war beim Erkennen des Sehzeichens A kein Unterschied zwischen schielamblyopen und normalen Augen mittels des t-Testes rechnerisch nachgewiesen worden.

Wie läßt sich nun dieses paradox erscheinende Ergebnis erklären?

Bei den 28 Prüflingen scheint das vollsichtige Auge im Durchschnitt deshalb einen günstigeren Dunkeladaptationsgrad erreicht zu haben als das schielamblyope, weil bei Durchführung der Einzelversuche generell so vorgegangen wurde, daß das schielamblyope Auge nach 35 Minuten gemeinsamer Dunkeladaptation beider Augen als erstes geprüft wurde. Erst nach Prüfung des schielamblyopen Auges wurde der Okklusionsverband vom Normalauge auf das schielamblyope Partnerauge gewechselt. Praktisch bedeutet dies, daß das Normalauge statt 35 Minuten Dunkeladaptation, wie im Falle der Schielamblyopien, eine etwa 40 bis 43minütige Dunkeladaptation erfuhr. Dies resultiert daraus, daß für die Prüfung der absoluten integralen Schwelle und der vier Sehzeichen und schließlich für das Wechseln des Okklusionsverbandes vom vollsichtigen auf das schielamblyope Auge eine zusätzliche Zeit von etwa 5 bis 8 Minuten verstrich, zumal jeder Handgriff im Dunkeln vorgenommen wurde. Diese 5 bis 8 Minuten kommen also zusätzlich zu der 35minütigen Dunkeladaptationszeit des vollsichtigen Auges hinzu.

Ogleich bekannt ist, daß nach 35 Minuten die Dunkeladaptation weit fortgeschritten ist, bleibt doch zu bedenken, daß in 5 bis 8 Minuten zusätzlicher Verdunklung doch noch eine gewisse Steigerung des Adaptationszustandes eintreten kann, was sich gerade beim Prüfen der absoluten integralen Schwelle bemerkbar machen dürfte.

Praktisch war es nicht möglich, eine gesonderte Dunkeladaptation von 35 Minuten der beiden Augen der Versuchspersonen vorzunehmen. Es handelte sich um 27 kindliche auswärtige Versuchspersonen, die zum Teil große Strecken mit öffentlichen Verkehrsmitteln zurückgelegt hatten und denen aus diesen Gründen ein zusätzlicher Aufenthalt im Dunkeladaptationsraum nicht zugemutet werden konnte. Außerdem hätte mit Schwierigkeiten anderer Art, wie Ermüdungserscheinungen, Nachlassen der Konzentration und Aufmerksamkeit, etc. gerechnet werden müssen, wenn diesen kindlichen Versuchspersonen in einem Dunkeladaptationsraum Prüfungen von 100 Minuten anstatt 50 Minuten Untersuchungszeit zugemutet worden wären. Dies hätte nur zu anderen Fehlerquellen geführt.

Der mit dem t-Test ermittelte signifikante Unterschied der absoluten integralen Lichtunterschiedsempfindlichkeit zwischen normalen und schielamblyopen Augen scheint aus den genannten Gründen zu weiteren Schlußfolgerungen nicht geeignet und rein methodisch bedingt zu sein, zumal Oppel und Kranke bei vergleichenden Dunkeladaptationsprüfungen zwischen normalen und schielamblyopen Augen, bei welchen jedes Auge unter gleichen zeitlichen Bedingungen getrennt untersucht wurde, schon vor Jahren fanden, daß die integrale Lichtempfindlichkeit dunkeladaptierter normalsichtiger und zugehöriger schielamblyoper Augen identisch ist.

IV. ZUSAMMENFASSUNG

In der Einleitung werden die heutigen Vorstellungen vom Wesen der Amblyopie kurz erörtert. Im Hauptteil der Arbeit schließt sich an eine Beschreibung des Adaptometers von Goldmann-Weekers die Schilderung einer Methode an, nach welcher vergleichende Sehschärfenprüfungen an 28 schielamblyopen bzw. den zugehörigen vollsichtigen Augen nach 35 Minuten Dunkeladaptation durchgeführt wurden. Nach Erörterung der angewandten statistischen Methoden folgen 28 graphische Darstellungen (Versuchsergebnisse).

Als Ergebnis wird festgestellt, daß schielamblyope gegenüber normalsichtigen Augen nach 35 Minuten Dunkeladaptation beim Sehen im Dunkeln, d.h. in skotopischen Leuchtdichtebereichen funktionell nicht beeinträchtigt sind. Mit anderen Worten besagt dies, daß in der Dunkelheit und im dunkeladaptierten Zustand nach 35 Minuten ein schielamblyopes Auge, das während des Tagessehens in seinem Seh- bzw. Auflösungsvermögen stark beeinträchtigt bzw. gehemmt ist, genau so gut sieht wie das Führungsauge.

Erst bei Verwendung kleinerer Sehzeiten benötigen sowohl normale als auch schielamblyope Augen zur Erkennung dieser Sehzeichen einen höheren Kontrast oder, bezogen auf die verwendeten dunklen Prüfzeichen, eine höhere Umfeldbeleuchtungsdichte, die erst im mesopischen oder gar photopischen Leuchtdichtebereich zu erreichen ist.

Es zeigte sich dabei ein signifikanter Unterschied für amblyope Augen im mesopischen und photopischen Sehbereich, die zur Erkennung der gleichen Sehzeichengrößen eine höhere Umfeldleuchtdichte bzw. einen höheren Kontrast benötigen als normale Augen. Das weist darauf hin, daß bei der Schielamblyopie die zu großen rezeptiven Feldern synaptisch zusammengeschalteten Netzhautareale während der Dunkelheit im Zustand der Dunkeladaptation genau so gut funktionieren wie beim Führungsauge.

Die Ergebnisse der vorliegenden Arbeit sprechen erneut dafür, daß es sich bei der Schielamblyopie um eine selektive Störung des Differenzierungs- und Orientierungsapparates handelt, während der Hell-Dunkel- bzw. Nachtapparat in seiner Funktion ungestört ist, so daß die Untersuchungen von Wald, Oppel und Kranke weiterhin als zutreffend angesehen werden können.

LITERATURVERZEICHNIS

- Aulhorn, E., Harms, H. u. Raabe, M.: Die Lichtunterschiedsempfindlichkeit als Funktion der Umfeldleuchtdichte.
Docum. ophth., 20, 1966, 537-553
- Bangerter, A.: Amblyopiebehandlung
2. Aufl., Basel 1955
- Best, W. u. Bohnen, K.: Beziehungen zwischen Sehschärfe und zentralem Gesichtsfeld. Heidelb. Ber. 59, 1956, 305-308
- Cambiaggi, A. u. Rossi, F.: Die Sehschärfe der amblyopen Augen bei ungenügender Beleuchtung. Ann. Ottalm. 86, 1960, 298-311
- Cüppers, C.: Moderne Schielbehandlung. Dtsch. med. J. 9, 1958, 397-401
- Hamburger, F. A.: Das Sehen in der Dämmerung, Physiologie und Klinik.
9. Aufl. Wien 1949
- Harms, H.: Ort und Wesen der Bildhemmung bei Schielenden.
Graefes Arch. Ophthalm. 138, 1938, 149-210
- Harms, H.: Stellungnahme zur Arbeit: Ort und Wesen der Bildhemmung bei Schielenden. Ber. Dtsch. Ophthalm. Ges. 66. Vers. Heidelb. 1964
202-214
- Kohlrausch, A.: Tagessehen, Dämmersehen, Adaptation aus: Bethe-Bergmanns Handbuch d. norm. Pathologie u. Physiologie, Bd. 12,
Berlin 1931, 1499-1594
- Koller, S.: Vergleich zweier Mittelwerte, aus: Rauen, H. M., Biochemisches Taschenbuch, 2. Aufl., Berlin 1964, 996-998
- Koller, S.: Lineare Korrelations- und Regressionskoeffizienten, aus: Rauen, H. M., Biochemisches Taschenbuch, 2. Aufl., Berlin 1964, 1008-1010
- Noorden, G. K. v. u. Burian, H. M.: An electro-ophthalmographic study. Of the behavior of the fixation of amblyopic eyes in light- and darkadapted state. Prelim. report.
Amer. J. Ophthalm. 46, Part II, 1958, 68-77
- Noorden, G. K. v. u. Burian, H. M.: Visual acuity in normal and amblyopic patients under reduced illumination. I. Behavior of visual acuity with and without neutral density filter.
A. M. A. Arch. Ophthalm. 61, 1959, 533-535
- Noorden, G. K. v. u. Burian, H. M.: Visual acuity in normal and amblyopic patients under reduced illumination. II. The visual acuity at various levels of illumination. A. M. A. Arch. Ophthalm. 62, 1959, 396-399

- Oppel, O. u. Kranke, D.: Vergleichende Untersuchungen über das Verhalten der Dunkeladaptation normaler und schielamblyoper Augen. Graefes Arch. Ophthalm. 159, 1958, 486-501
- Oppel, O.: Über unsere gegenwärtigen Vorstellungen vom Wesen der funktionellen Schwachsichtigkeit (Amblyopie). Klin. Mbl. Augenhk. 136, 1960, 1-20
- Oppel, O.: Zur Begutachtung fraglicher einseitiger Amblyopien (Differentialdiagnostische Erwägungen). Klin. Mbl. Augenhk. 136, 1960, 563-568
- Oppel, O.: Über einige spezielle Aspekte zur Entwicklung des menschl. Sehapparates und seiner Sehfunktionen. Klin. Mbl. Augenhk. 148, 1966, 321-340
- Rein, H. u. Schneider, M.: Hell-Dunkel-Anpassung, aus: Physiologie des Menschen. 13./14. Aufl., Berlin 1960, 714-718
- Tschermak-Seysenegg, A. v.: Farblose Adaptation, Hell- und Dunkelauge: Dämmerungssehen, Nacht- und Blendungssehen. Aus: Einführung in die physiologische Optik. 2. Aufl., Wien 1947, 29-42

Abschließend möchte ich meinem Doktorvater, Herrn Professor Dr. Oppel, für die freundliche Überlassung des Themas und die mir jederzeit gewährte Unterstützung bei meiner Arbeit meinen herzlichen Dank aussprechen.

Mein Dank gilt auch dem Direktor des Institutes für Medizinische Statistik und Dokumentation, Herrn Professor Dr. Dr. Koller sowie seinem Assistenten Herrn Dr. Überla.

LEBENS LAUF

Am 22.2.1938 wurde ich, Reinhard Kuntz, als Sohn des Gend. -Beamten Richard Kuntz und seiner Ehefrau Alma, geb. Erbelding in Homburg/Saar geboren. 1945 bis 1948 besuchte ich die Volksschule in Rohrbach/Saar und anschließend das Staatliche Realgymnasium St. Ingbert/Saar. Im Oktober 1952, nachdem mein Vater 1949 aus russischer Kriegsgefangenschaft zurückgekehrt und zwischenzeitlich wieder bei der Gendarmerie aufgenommen worden war, zogen meine Eltern nach Bergzabern/Pfalz, wo ich nun das Staatliche Progymnasium bis 1955 besuchte. Anschließend war ich am Neusprachlichen Gymnasium Landau/Pfalz; dort erhielt ich im Frühjahr 1958 das Reifezeugnis. Mit dem Sommersemester 1958 begann ich das Medizinstudium an der Universität Heidelberg. Im Frühjahr 1959 legte ich das Vorphysikum ab. 1960 wechselte ich zur Universität Mainz, wo ich dann April 1961 das Physikum bestand. Nach dem ersten klinischen Semester ging ich für ein Semester zur Universität Heidelberg zurück. Die restlichen vier klinischen Semester studierte ich wieder an der Universität Mainz. Hier legte ich im Juli 1964 mein Staatsexamen ab.

Von Oktober 1964 bis einschließlich März 1965 war ich auf der chirurgischen und urologischen Abteilung des St. Josefskrankenhauses Dahn/Pfalz als Medizinalpraktikant tätig. Anschließend arbeitete ich im Vinzentiuskrankenhaus Landau/Pfalz von April bis September 1965 auf der geburtshilflich-gynäkologischen Abteilung und danach zwei Monate auf der Chirurgie. Seit Dezember 1965 bin ich auf der Inneren Abteilung im gleichen Haus.

Am 1. Oktober 1966 erhielt ich meine Approbation.

